

Física

Estas pautas específicas para la asignatura se deben leer junto con las secciones “Introducción”, “Aspectos generales” y “Aspectos específicos: todas las monografías” de esta guía.

Generalidades

La monografía en Física ofrece a los alumnos la oportunidad de aplicar una gama de habilidades en la investigación de un tema de su interés en esta disciplina. Se caracteriza por un énfasis especial en los aspectos relacionados con la física en el marco de un conjunto de criterios científicos más generales. Debe elaborarse como un trabajo de investigación con una hipótesis, un modelo o un análisis crítico, que demuestre la capacidad de desarrollar un argumento, realizar una comparación o extraer información o datos pertinentes.

El resultado de la investigación debe ser un trabajo coherente y estructurado que aborde eficazmente una cuestión o problema de investigación, y extraiga una conclusión concreta y, preferiblemente, personal.

Elección del tema

Es importante que la monografía aborde el tema desde el punto de vista de la física y que no se oriente hacia otra asignatura. Por lo tanto, las monografías en esta asignatura deben incorporar las teorías físicas pertinentes y hacer hincapié en la naturaleza intrínseca de la asignatura. Por ejemplo, una monografía en un área interdisciplinaria como la ciencia de los materiales, si se presenta como monografía en Física, se evaluará por el contenido relacionado con ésta y no con Química.

El propósito principal no debe ser informar al lector sobre un tema específico, ni presentar un resumen de los descubrimientos más recientes en esta área. El alumno debe implicarse personalmente en el tema y no simplemente limitarse a informar sobre él. Debe resultarle atractivo y plantearle desafíos.

Algunos temas pueden ser inadecuados por razones de seguridad. Por ejemplo, deben evitarse los experimentos en los cuales los alumnos empleen sustancias peligrosas o cancerígenas, materiales radioactivos, láser, microondas, luz ultravioleta, ruidos o equipos pesados, a menos que se cuente con el equipo de seguridad apropiado y la supervisión de una persona debidamente preparada. Los experimentos típicamente realizados en clase, que no son adecuados como base para una monografía por sí solos, pueden proporcionar ideas para buenos temas.

Los alumnos deben elegir temas realistas, bien definidos y delimitados que permitan un tratamiento profundo. Los temas demasiado amplios o que implican estudios complejos (por ejemplo, investigaciones sobre los agujeros negros, la gravedad, las máquinas del tiempo, el bosón de Higgs o el futuro del universo) no permitirán al alumno analizar ideas y teorías divergentes, ni realizar un análisis personal profundo dentro del límite de palabras establecido. Asimismo, por definición, algunos temas no son adecuados para realizar una monografía en Física por ser ésta una ciencia experimental con un enfoque y técnicas específicos.

También se recomienda a los alumnos evitar temas de investigación que vayan más allá de los límites de la ciencia convencional, por ejemplo, áreas más relacionadas con la metafísica o la pseudo-ciencia. Algunos ejemplos de esto podrían ser temas tales como las fuerzas desconocidas que actúan en las pirámides, la física y la existencia de Dios, o la percepción extrasensorial.

Los siguientes ejemplos de títulos de monografías en Física se ofrecen solamente como orientación. Se dan dos versiones de cada título para ilustrar que debe procurarse que los temas sean específicos y bien delimitados (como en el primer caso) en lugar de amplios y generales (como en el segundo caso).

- “Determinación orbital de un planeta pequeño” **es mejor que** “La gravitación”.
- “La variación en la resistencia de un alambre sometido a distintas tensiones” **es mejor que** “Medición de la resistencia de distintos materiales”.
- “El uso de las franjas de interferencia para medir pequeños desplazamientos” **es mejor que** “Elaboración de modelos de interferencia”.
- “El margen de variación del agua que fluye a través de un agujero en un recipiente” **es mejor que** “Aplicación del principio de Bernoulli”.
- “El efecto de la resistividad del metal de un tubo y el espesor de la pared de éste en la velocidad límite de un imán cilíndrico que cae por el tubo” **es mejor que** “Corrientes en torbellino”.

Por otra parte, puede resultar útil definir el tema elegido en forma de pregunta, seguido por una breve declaración que indique qué proceso general va a utilizarse para abordar la pregunta. De este modo, se expresa más claramente el enfoque específico que se le quiere dar al tema. A continuación se ofrecen varios ejemplos.

Título**Un agujero negro en el centro de la Vía Láctea**

Problema de investigación ¿Es posible determinar la presencia de un agujero negro en el centro de la Vía Láctea?

Enfoque Se adopta un enfoque basado en datos. A partir de las observaciones astronómicas de una estrella con una órbita kepleriana alrededor de una fuente de ondas de radio compacta, se determina la masa de un agujero negro supermasivo. Se toma en cuenta el nivel de incertidumbre.

Título**Una botella de vino como resonador de Helmholtz**

Problema de investigación ¿Las botellas de vino con diferentes formas se comportan como resonadores de Helmholtz?

Enfoque Se adopta un enfoque experimental. Se analiza el modelo teórico con un énfasis específico en los parámetros físicos y geométricos que determinan la frecuencia resonante. Soplando dentro de la botella, se produce una frecuencia resonante que se registra y se mide. Se determina la precisión del modelo.

Título **La desviación de la luz de las estrellas por el campo gravitatorio del sol**

Problema de investigación ¿Cuál será la desviación angular de la luz de las estrellas por el campo gravitatorio del sol si se aplica la ley de la gravitación universal de Newton?

Enfoque Se adopta un enfoque teórico (numérico). Adoptando un modelo corpuscular de la luz, se sigue por iteración el desplazamiento de estos corpúsculos a la velocidad de la luz en un campo gravitatorio. Los resultados se comparan con el resultado derivado de la relatividad general.

Título **El rendimiento del amortiguamiento electromagnético**

Problema de investigación ¿El rendimiento del amortiguamiento electromagnético de un carrito deslizador en movimiento depende de la energía cinética inicial del carrito?

Enfoque Se adopta un enfoque experimental. Un carrito deslizador con una bobina se desplaza por un área de frenado magnético sobre un riel de aire rectilíneo; el balance energético se controla mediante la comparación de la energía mecánica que se pierde y la energía térmica generada en la bobina.

No obstante, el objetivo de la monografía también puede presentarse como una afirmación o una hipótesis en lugar de una pregunta. A continuación se incluyen algunos ejemplos.

- El objetivo es establecer teóricamente la proporcionalidad existente entre la velocidad límite de un imán cilíndrico que cae por un tubo de metal y la resistividad del metal del tubo y el espesor de su pared. Se lleva a cabo una investigación basada en experimentos.
- Se observan las ondas de agua en su curso por un canal largo y estrecho y se mide su velocidad. Se supone que, en el caso de aguas poco profundas, la velocidad de la onda será proporcional a la raíz cuadrada de la profundidad del agua e independiente de la longitud de la onda.
- El objetivo es establecer la relación existente entre potencia y temperatura para una lámpara de incandescencia.
- Se utiliza un bolígrafo de punta retráctil para comprobar la ley de la conservación de la energía.
- El objetivo es establecer un modelo acústico para una flauta.

En las monografías que implican la realización de experimentos, los alumnos deben elegir experimentos realizables y razonables que no requieran demasiado tiempo para la construcción de los aparatos. No es necesario emplear instrumentos altamente sofisticados; en algunos casos, éstos pueden incluso causar limitaciones y dificultar la comprensión de un fenómeno. Los experimentos más eficaces son aquellos que producen, con relativa rapidez, los datos que se necesitan para llevar a cabo un análisis sólido.

Lo ideal es que los alumnos realicen la investigación para la monografía con la orientación del supervisor del colegio solamente. Algunas de las mejores monografías son aquellas que investigan fenómenos relativamente sencillos utilizando el equipo normalmente disponible en cualquier colegio. Recomendamos fomentar este enfoque. Independientemente del lugar o las circunstancias donde se lleve a cabo la investigación, los alumnos deben proporcionar en el trabajo pruebas de su contribución personal al enfoque adoptado y a la selección de los métodos empleados. Las monografías basadas en investigaciones realizadas por los alumnos en institutos de investigación o universidades, con la orientación de un supervisor externo, deben ir acompañadas de una carta donde se describa la naturaleza de la supervisión y el grado de orientación proporcionado.

Las áreas de aerodinámica e hidrodinámica exigen gran sofisticación teórica y experimental; por ejemplo, la construcción de túneles de viento puede resultar problemática y llevar mucho tiempo. Aquellos alumnos que realicen sus monografías en estas áreas deben tener especial cuidado al elegir y definir el tema.

La física aplicada a los deportes es un área que puede ofrecer excelentes temas de estudio, aunque la obtención de datos válidos suficientes a veces puede resultar problemática. Los aspectos teóricos de biomecánica pertinentes que se requieren para abordar el tema pueden escapar al alcance o propósito de una monografía a este nivel.

Los alumnos deben elegir un problema de investigación que no sea trivial pero que se pueda tratar de modo eficaz dentro del límite de palabras establecido.

Tratamiento del tema

Todas las monografías en Física implican una investigación, en mayor o menor medida, de las teorías o fundamentos relacionados con el tema elegido. Sin embargo, pueden diferir entre sí en otros aspectos y adoptar cualquiera de los siguientes enfoques:

- **basado en experimentos:** conlleva el diseño y la ejecución de un experimento, a partir del cual el alumno obtiene datos originales que luego analiza
- **basado en datos:** implica la ubicación y obtención de datos brutos o procesados, no obtenidos directamente por el alumno, que luego se refinan y analizan
- **teórico:** basado en el desarrollo de una descripción cuantitativa o semi-cuantitativa de algún fenómeno físico, la utilización del modelo, la elaboración de predicciones sobre su comportamiento y sus limitaciones
- **basado en estudios:** implica una formulación y discusión del tema del tema, que sea coherente, ordenada, analítica y basada en datos cualitativos o cuantitativos
- **combinado:** un enfoque que combine los anteriores.

Todas las monografías deben indicar el alcance y las limitaciones del trabajo realizado. Siempre se debe incluir el análisis del diseño de los experimentos realizados, las incertidumbres y la precisión de los datos, las técnicas matemáticas empleadas, las relaciones con los modelos teóricos y la calidad de las fuentes. El contenido y el desarrollo del trabajo deben evaluar directamente el problema de investigación, lo cual puede hacerse mediante la comprobación de una hipótesis.

Las monografías basadas en la realización de experimentos permiten a los alumnos demostrar sus habilidades de pensamiento crítico de manera más clara, pero el trabajo experimental **no** es requisito en las monografías en Física. Por otra parte, toda investigación empírica debe incorporar los aspectos teóricos pertinentes.

Todo experimento que forme parte de una monografía en esta asignatura debe describirse adecuadamente para que otros investigadores puedan repetirlo y obtener resultados y conclusiones similares. Debe prestarse especial atención a los datos obtenidos a partir de fuentes secundarias. Los alumnos cuyas monografías se basen en dichos datos deben considerar el acceso a las fuentes necesarias y su fiabilidad al comienzo de la etapa de planificación. Deben examinar los datos y los diseños de los experimentos con el mismo detenimiento con que lo harían si los datos fueran obtenidos por ellos mismos. Un cuidadoso examen de los procedimientos de investigación puede permitir encontrar fallas graves en el diseño de los experimentos o en la obtención de los datos que podrían invalidar todos o parte de los resultados, o al menos limitar su interpretación.

Una investigación puramente empírica que relacione dos o tres variables pero que carezca de fundamento teórico **no** es satisfactoria. Un ejemplo podría ser una investigación sobre la relación del índice de refracción de una solución de sulfato de magnesio y su concentración, en la que sólo se haga un análisis matemático de los datos obtenidos. En una monografía de este tipo, el alumno debería investigar las teorías físicas que relacionan el índice de refracción y la concentración.

Si se utiliza una simulación por computador de un modelo teórico, los algoritmos desarrollados o empleados deben analizarse exhaustivamente y los resultados de la simulación deben compararse con la realidad para verificar su validez. En las monografías en que se usa un modelo teórico (simulación por computador) que describe un fenómeno físico, la planificación debe incluir los postulados iniciales, los pasos fundamentales en el empleo del modelo y los resultados obtenidos a partir de la simulación. Los listados o los fragmentos de código pueden emplearse en la sección principal de la monografía para ilustrar cómo se creó el software a partir del modelo, pero los programas mismos deben incluirse en el apéndice. Cada línea de código de un fragmento de programa incluido en la sección principal del trabajo cuenta como dos palabras para el cómputo del total de palabras. Cuando se emplean computadores para crear y aplicar modelos, o para analizar datos, la monografía se debe centrar en los aspectos de la física, no en el software.

Las monografías con enfoques teóricos, basados en datos o en estudios deben incluir la evaluación de la calidad y fiabilidad del material escrito utilizado. Los alumnos deben haber leído suficiente sobre el tema para poder expresar juicios de valor sobre la fiabilidad de las fuentes, lo cual pueden llevar a cabo mediante la investigación de fuentes secundarias o la realización de sus propios cálculos. No deben dudar en analizar ideas opuestas y presentar sus propias opiniones y argumentos. En las monografías teóricas o basadas en estudios, la planificación debe incluir el análisis del material obtenido de las fuentes a la luz del problema de investigación, a fin de que los puntos de vista de otros científicos se empleen como fundamento del argumento del alumno, y no para sustituirlo. Por lo tanto, cuando existen pruebas para ello, puede resultar de utilidad que el alumno cuestione una afirmación de un científico en relación con el tema objeto de estudio, en lugar de simplemente mostrarse de acuerdo con ella.

El análisis debe complementar los datos o la información y no simplemente repetirlos; la interpretación se debe deducir de manera lógica a partir de los datos o la información. Debe evitarse la extrapolación forzada y carente de fundamentos, y reconocerse las limitaciones. La discusión no debe ser una reformulación de resultados, sino una interpretación sólida de los resultados que se comparará luego con las investigaciones publicadas sobre el tema.

Se recomienda a los alumnos no basarse enteramente en libros de texto y recursos de Internet para elaborar la monografía en Física. Los libros de texto deben consultarse solamente en la medida en que pueden inspirar ideas originales, ofrecer modelos de enfoques estructurados y bien fundados, y fomentar una implicación directa y personal con el tema de la monografía. Si los alumnos deciden utilizar fuentes de Internet, deben hacerlo con cautela y de forma crítica, siendo conscientes de su posible falta de fiabilidad. Para conocer las distintas formas de verificar la fiabilidad de las fuentes se puede consultar a un bibliotecario.

Introducción

En la introducción generalmente se señalan los principios físicos pertinentes. Por ejemplo, la comprensión del movimiento de un imán cilíndrico que cae dentro de un tubo de cobre requiere la aplicación e integración de las leyes de la inducción electromagnética y las leyes del movimiento de Newton. Se espera que los alumnos demuestren que son capaces de identificar las teorías pertinentes en el contexto del problema de investigación, y aplicarlas correctamente. En el ejemplo anterior, este objetivo se lograría mediante una breve descripción cualitativa de las fuerzas que actúan sobre el imán y las posibles variaciones que pueden sufrir a lo largo de la caída. Si corresponde incluir el contexto histórico, no debe hacerse de modo general y exhaustivo sino brevemente y ajustándose al objetivo establecido. Algunos temas requieren cierto contexto o fundamento no perteneciente al campo de la física; por ejemplo, en los casos de la física aplicada a los deportes o la arqueología. En tales casos, esa información debe incluirse en la introducción solamente si es esencial. Si se considera necesario incorporar más información de ese tipo, el lugar adecuado para ello es el apéndice.

En la introducción también se debe explicar las razones que justifican el estudio del tema. La existencia de oportunidades o posibilidades de emplear la creatividad y la iniciativa reflejan la importancia e interés del tema elegido. Algunos temas pueden resultar inadecuados debido a que los resultados de la investigación ya se conocen y se encuentran documentados en libros de texto y, por tanto, es probable que el alumno no pueda demostrar su aporte personal.

Presentación

En Física es difícil ser precisos en relación con el límite de 4.000 palabras establecido para la extensión, ya que la mayoría de las monografías incluyen tablas, gráficas, figuras, diagramas, ecuaciones y cálculos. De todos modos, los examinadores se guían por dicho límite, de manera que los trabajos excesivamente largos serán penalizados en este criterio. En el caso de las monografías basadas en experimentos o datos, generalmente la presentación seguirá el orden en que se incorporen las tablas y gráficas, el análisis y la conclusión. Si la investigación se divide en dos o más partes, se recomienda que todas las partes sigan el mismo orden, con una breve conclusión general al final del trabajo. Si los datos y las gráficas son demasiado numerosos, deben incluirse en un apéndice. No obstante, es fundamental que el lector pueda seguir el desarrollo de la monografía sin tener que consultar el apéndice. La parte central debe estar completa y ser comprensible por sí misma, con las tablas, gráficas y diagramas incorporados en un orden que permita la fácil lectura y la comprensión del trabajo.

Las tablas, gráficas y diagramas deben numerarse para facilitar las referencias específicas en la sección principal de la monografía. No es necesario incluir un apéndice, pero cuando se incluye no debe hacerse como forma de evitar superar el límite de palabras. Es recomendable presentar un ejemplo de los cálculos mediante los cuales se han obtenido los resultados numéricos, incluido el cálculo de errores. Los componentes del índice deben ser específicos. Una lista con componentes tales como “teoría”, “experimento”, “datos”, “análisis”, “conclusión” y “bibliografía” no es satisfactoria. Las referencias deben aparecer como notas a pie de página en la sección principal de la monografía, independientemente de la bibliografía. Sin embargo, no se requieren referencias para los conocimientos generales tales como la ley de la gravitación universal de Newton, definiciones o la descripción del efecto Doppler.

La monografía en Física puede incluir elementos que se incluyen típicamente con los informes de los trabajos prácticos presentados para la evaluación interna. No obstante, su presentación formal no es igual a la de un informe de laboratorio. Por ejemplo, se puede incluir un diagrama con anotaciones pero no una lista exhaustiva del equipo utilizado. Se recomienda a los alumnos consultar trabajos científicos o artículos de publicaciones o revistas de física en cuanto a la presentación.

Nivel académico

Las monografías basadas en teorías físicas deben ampliar el material del programa de estudios de Física que se cubre en clase (por ejemplo, “La aplicación del principio de Huygens a una abertura utilizando el método iterativo”), o trabajar material externo al curso (por ejemplo, “El efecto de la presión de la luz solar sobre un satélite en órbita”).

Aquellas basadas en experimentos deben cubrir temas que no estén incluidos en los trabajos prácticos del curso; por ejemplo, “¿Las gotitas que se producen por el impacto de las gotas de lluvia sobre una superficie dura tienen carga eléctrica?”.

Los equipos sofisticados con interfaz por computador deben utilizarse como una herramienta y no como un fin en sí mismos. Además, deben tenerse en cuenta su fiabilidad y limitaciones. El mero uso de programas de simulación no demuestra necesariamente creatividad y dominio de la física por parte del alumno; por ejemplo, la simple medición de los armónicos de un instrumento de cuerdas mediante una sonda electrónica revelaría muy poco sobre la capacidad y los conocimientos del alumno.

Resumen

Se recomienda a los alumnos consultar trabajos científicos o artículos de publicaciones o revistas de física en cuanto al resumen.

Interpretación de los criterios de evaluación

Criterio A: Formulación del problema de investigación

Aunque el propósito de la monografía se define mejor en forma de pregunta, es también posible formularlo como una afirmación o una propuesta para la discusión. Cualquiera sea el modo en que se formule, el problema de investigación debe:

- ser relativo a la física como ciencia, centrándose en esta disciplina y no en cuestiones tangenciales, tales como la historia o las implicaciones sociales de los descubrimientos de la física
- indicarse claramente e incluirse de manera destacada en la introducción.

Para lograr un tratamiento eficaz del tema dentro del número establecido de palabras, éste debe estar bien definido y delimitado.

Criterio B: Introducción

En la introducción se debe relacionar el problema de investigación con los conocimientos existentes en la materia; la experiencia personal u opinión particular del alumno no suele ser pertinente en esta sección de la monografía. Los principios físicos correspondientes se deben ubicar en el contexto del tema.

La introducción no debe utilizarse como una oportunidad para aumentar el volumen de la monografía con largas descripciones sobre el contexto de la investigación.

Criterio C: Investigación

El modo en que se planifica la investigación dependerá del enfoque elegido por el alumno. No obstante, la planificación debe incluir las teorías pertinentes además de la evaluación de las incertidumbres o limitaciones inherentes a las técnicas y los aparatos utilizados.

Criterio D: Conocimiento y comprensión del tema

Los conocimientos y la comprensión demostrados en una monografía en Física no deben limitarse al programa de estudios o las prácticas de laboratorio del curso. Los conocimientos básicos adquiridos en la clase pueden aplicarse a una nueva situación que requiera la interpretación de estos conocimientos. Los enfoques puramente empíricos limitan seriamente el nivel de conocimientos y comprensión relacionados con el tema y, por lo tanto, deben evitarse.

Criterio E: Argumento razonado

Los alumnos deben ser conscientes de que el núcleo de la monografía es el desarrollo de un argumento. Las opiniones personales no deben expresarse sin más, sino que deben apoyarse en un argumento razonado para persuadir al lector de su validez. Por ejemplo, no es suficiente escribir "A partir de la gráfica se puede ver que.". Las descripciones o narraciones carentes de análisis no suelen permitir el desarrollo de un argumento y deben evitarse.

La claridad del argumento se verá favorecida por una buena organización y presentación.

Criterio F: Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura

Los físicos utilizan las matemáticas como herramienta y como tal, no deben sustituir a la física ni convertirse en el objetivo del trabajo, sino servir de instrumento para lograr el propósito de la monografía. Cuando se generan estadísticas y relaciones matemáticas de forma automática por medio de software, el alumno debe demostrar su comprensión de las mismas. Asimismo, es esencial que tenga una completa y sólida comprensión de las limitaciones intrínsecas de la investigación y sus implicaciones para las conclusiones extraídas. Se espera que se demuestre de alguna manera que una determinada limitación señalada (por ejemplo, de procedimiento) efectivamente afecta a los resultados finales y la conclusión; por ejemplo, en los casos donde los resultados de los experimentos se comparan con valores estándar. También se espera que el alumno comprenda la propagación de errores y manipule correctamente las cifras significativas y las incertidumbres, incluida la incertidumbre en la media y en las gráficas.

Criterio G: Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura

Debe emplearse un lenguaje científico en toda la monografía. Se debe animar a los alumnos a leer artículos de publicaciones y revistas científicas reconocidas para aprender sobre el estilo, la organización y presentación de los trabajos científicos. La calidad del lenguaje se evalúa en función de su exactitud y precisión, y las expresiones típicas que se utilizan, tales como "función de" o "proporcional a", deben ajustarse a significados específicos. Una curva de una gráfica no puede describirse como "exponencial" o "cuadrática" sin un análisis adecuado. Los símbolos empleados deben estar clara y correctamente identificados en el contexto de la situación; por ejemplo, escribir "t para el tiempo" no es suficiente, pero escribir "t para el tiempo durante el cual se aplica la fuerza magnética" demuestra precisión y constituye un uso adecuado del lenguaje.

Criterio H: Conclusión

En relación con este criterio, la palabra clave es "coherencia"; la conclusión debe desprenderse del argumento y no introducir cuestiones nuevas o carentes de relación con éste. No debe limitarse a repetir el material de la introducción sino presentar una nueva síntesis derivada de la discusión llevada a cabo.

La conclusión debe señalar cómo influyen en los resultados finales de la investigación las incertidumbres de los datos obtenidos de los experimentos, las limitaciones del modelo empleado o del diseño del experimento, o la validez de las fuentes consultadas.

Criterio I: Presentación formal

Con este criterio se evalúa la medida en que la monografía se ajusta a las normas académicas de presentación de trabajos de investigación. Aquellas monografías en las que se omita la bibliografía o que no presenten referencias de las citas empleadas se considerarán inaceptables (nivel de logro 0). Las monografías en las que se omita uno de los elementos obligatorios (página del título, índice, numeración de páginas) se considerarán, como máximo, satisfactorias (nivel 2), y aquellas que omitan dos de dichos elementos se considerarán insatisfactorias (nivel 1) según este criterio.

Criterio J: Resumen

El resumen se evalúa en relación con la claridad con que presenta una sinopsis de la investigación y la monografía en general, no en relación con la calidad del problema de investigación, el argumento o la conclusión en sí mismos.

Criterio K: Valoración global

Los aspectos que se evalúan mediante este criterio son los siguientes:

- **Iniciativa intelectual:** en las monografías en Física, se puede demostrar mediante la elección del tema y el problema de investigación, la obtención y el uso de una gama de fuentes, incluidas aquellas que se hayan utilizado poco anteriormente o las elaboradas específicamente para la investigación.
- **Reflexión perspicaz y profundidad de la comprensión:** probablemente la mejor manera de demostrarlas es como consecuencia de una investigación detallada, una reflexión rigurosa y bien fundada, y un argumento razonado que aborde el problema de investigación de forma coherente y efectiva.
- **Originalidad y creatividad:** en Física, incluyen la observación inquisitiva del mundo que nos rodea, la innovación en los procedimientos experimentales y los equipos utilizados para medir parámetros variables, la aplicación de un enfoque creativo al análisis físico o a los temas clásicos, así como la construcción de modelos teóricos imaginativos.